

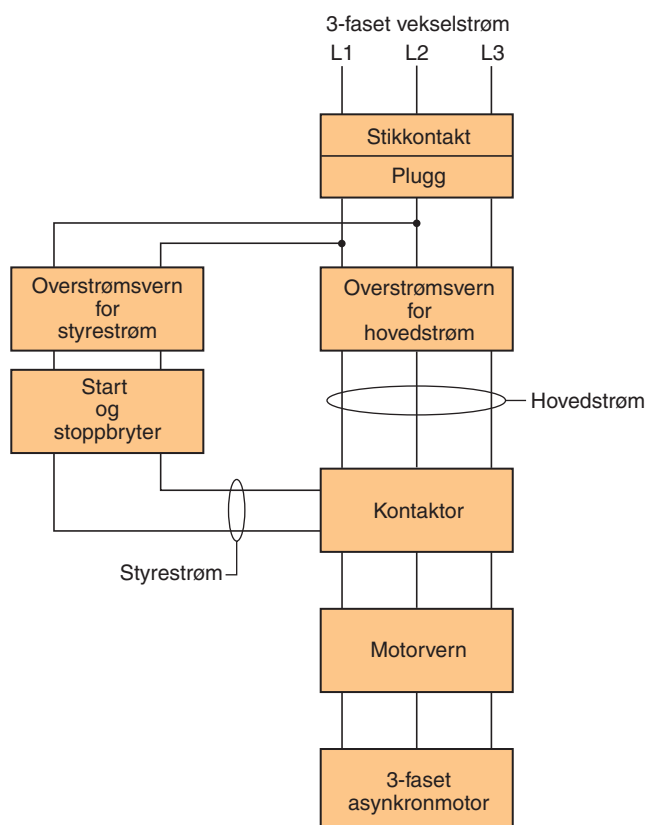
# 4

## Elektriske motoranlegg

Vi skal se på et enkelt motoranlegg med en trefaset asynkronmotorer, utstyret som brukes for å koble motoren til og fra elnettet og utstyret som brukes for å verne kabler og motoren mot overstrøm.

### Motoranlegg

Motoranlegg med 3-faset asynkron vekselstrømsmotorer drives av 3-faset vekselstrøm. Den produseres i store elektriske generator og blir via et 3-faset ledningsnett før fram til forbrukerne. På skolen blir elektrisiteten ført fram til en elektrisk fordeling. Der blir elektrisiteten fordelt til klasserom og verksteder. På verkstedene er det en ny fordeling som fordeler elektrisiteten på flere forbrukerkurser. Fra en forbrukerkurs med 3-faset stikkontakt kan vi ta ut elektrisitet for drift av motoranlegget. Fra stikkontakten blir elektrisiteten ført til elektriske overstrømsvern som skal sikre at det ikke går for stor strøm gjennom ledninger, kabler og motorer. For å koble motoren til og fra forbrukerkursen bruker vi en kontaktor. Figur 4.1 viser blokkskjema for et enkelt motoranlegg.

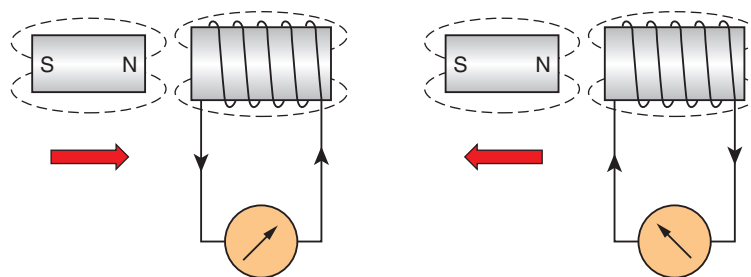


Figur 4.1 Blokkskjema for et enkelt motoranlegg

Vi skal se på innholdet i blokkene på blokkskjemaet. Den elektriske motoren vi skal bruke på anleggene er en 3-faset asynkron vekselstrømsmotor. For at motoren skal virke må den kobles til 3-faset vekselstrøm. For å bli kjent med 3-faset vekselstrøm skal vi se på prinsippet for hvordan den produseres, overføres til forbruker og kobles.

## Elektrisk induksjon

Naturen er slik ordnet at elektrisitet og magnetisme på mange måter hører sammen. Har vi en spole med kobbertråd og fører en magnet ut og inn av spolen, vil det dannes en elektrisk spenning i spolen. Spenning som dannes på denne måten, kalles induisert spenning. Se figur 4.2.



Figur 4.2 Elektrisk induksjon

Når magneten blir skjøvet inn i spolen, blir det induisert spenning i spolen og det dannes et magnetfelt som prøver å holde magneten ute. Er magneten i ro inne i spolen, blir det ikke induisert spenning.

Trekkes magneten ut av spolen, induseres det spenning med motsatt polaritet. Nå dannes det et magnetfelt som hindrer at magneten forlater spolen.

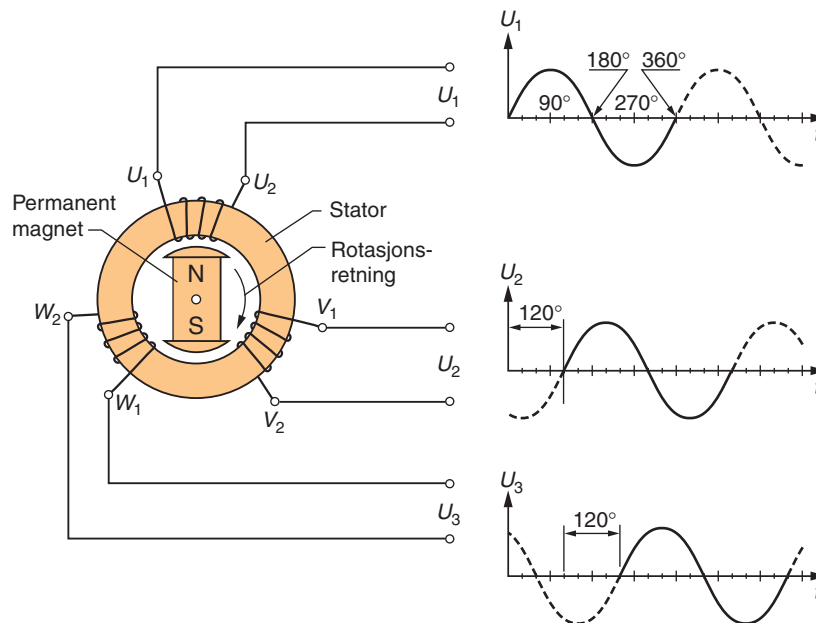
Spenningen som induseres i spolen, følger *Lenz lov*: *Den induerte spenningen har en slik retning at den motvirker årsaken til induksjonen.*

## 3-faset vekselspenning

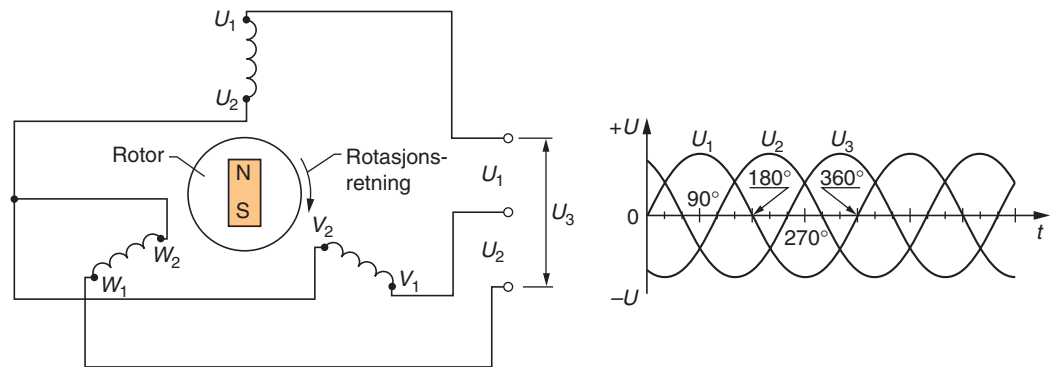
Figur 4.3 viser skisse av en elektrisk generator som produserer 3-faset vekselspenning. Den består av en fast del, statoren, med tre spoler plassert 120 grader i forhold til hverandre, og en roterende del, rotoren. Som rotor er det brukt en permanent magnet. I en virkelig generator er rotoren en elektromagnet. Enten det brukes en permanent magnet eller en elektromagnet, så er prinsippet det samme.

Når rotoren går rundt, induseres det en vekselspenning i hver av de tre viklingene. Spenningene er sinusformet og forskjøvet 120 grader i forhold til hverandre. Den induerte spenningen varierer både i størrelse og retning for hver omdreining av rotoren. Kobles viklingene sammen, summeres spenningene til en 3-faset vekselspenning. Sammenkoblingen og kurvediagrammet for en 3-faset vekselspenning er vist på figur 4.4.

**Figur 4.3** Prinsippet for en 3-faset vekselstrømsgenerator



**Figur 4.4** Kurvediagram for 3-faset vekselspenning



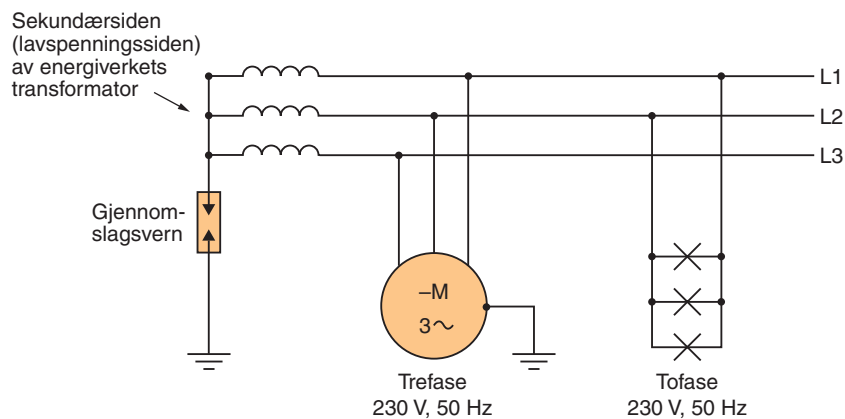
## Uttak av 3-faset elektrisitet fra en forbrukerkurs

På skolen kan vi ta ut 3-faset elektrisitet fra en 3-faset stikkontakt. Ledningen har betegnelsen L1, L2, L3. Trefasespenningen er enten  $3 \cdot 230 \text{ V}$  eller  $3 \cdot 400 \text{ V}$ . Det avhenger av typen fordelingssystem som brukes, det vil si om det er et IT-system eller TN-S-system som brukes.

### IT-system

Figur 4.5 viser skjema for et IT-system

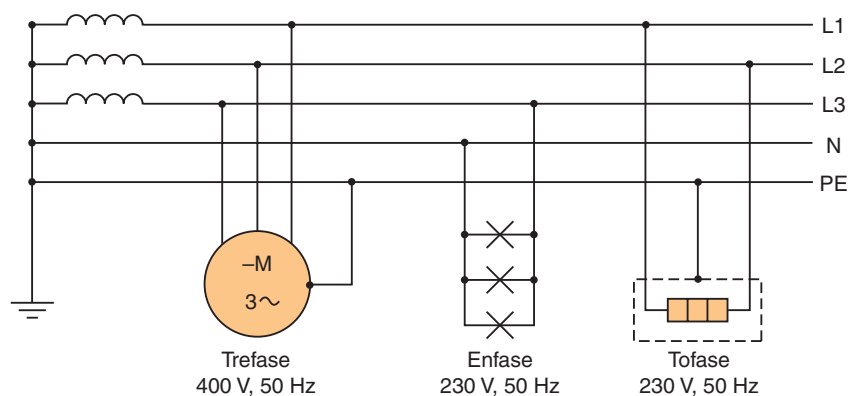
I står for isolert og T står for jord (terra). IT-systemet er et fordelingssystem hvor alle spenningsførende ledere er isolert fra jord eller er koblet til et gjennomslagsvern. Det har høy impedans så lenge det er normal spenning mellom fase og jord, men når spenningen overstiger ca.  $500 \text{ V}$ , vil gjennomslagsvernet kortslutte til jord. Utsatte ledende deler i installasjonen er jordet hver for seg eller til felles systemjord. Spenningen er  $2 \cdot 230 \text{ V}$  eller  $3 \cdot 230 \text{ V}$ .



Figur 4.5 Skjema for et IT-system

### TN-S-system

Figur 4.6 viser skjema for et TN-S-system.



Figur 4.6 Skjema for et TN-S-system

I TN-S-systemet er jordet faseleder og PE-lederen (beskyttelseslederen) ført gjennom hele fordelingssystemet. Spenningen er både 400 V og 230 V.

## Trekantkobling og stjernekobling

Utstyret som skal kobles til 3-faset elektrisitet kan enten kobles i trekantkobling eller stjernekobling.

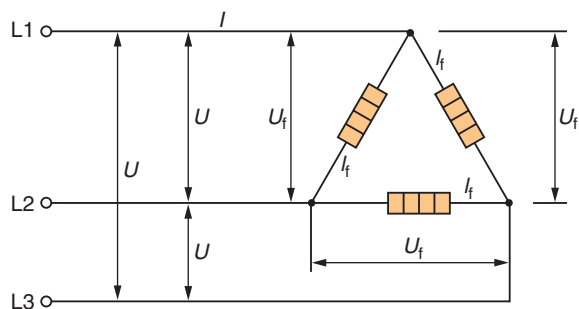
### Trekantkobling

Figur 4.7 viser hvordan en 3-faset varmeovn med tre varmeelementer er trekantkoblet. Spenningen over hvert varmeelement kalles fasespenning,  $U_f$  og strømmen gjennom hvert varmeelement kalles fasestrøm,  $I_f$ . Hovedspenningen  $U$  er lik fasespenningen  $U_f$   $U = U_f$

Siden fasestrømmene er faseforskjøvet  $120^\circ$  må de summeres vektorielt. Vi skal ikke komme nærmere inn på utregningen, men bare slå fast at den regnes ut med denne formelen:

$$I = \sqrt{3} \cdot I_f$$

Figur 4.7 3-faset  
trekantkoblet  
varmeovn

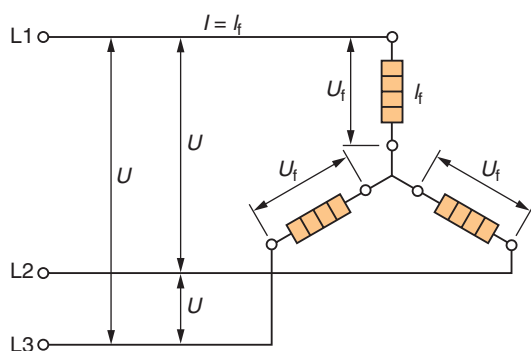


### Stjernetkobling

Figur 4.8 viser hvordan en 3-faset varmeovn med tre varmeelementer er stjernekoblet. I en stjernekobling er hovedstrømmen  $I$  lik fasestrømmen  $I_f$ ,  $I = I_f$

Hovedspenningen og fasespenningen har ikke lenger samme felles punkter. Hovedspenningen regnes ut med formelen  $U = \sqrt{3} \cdot U_f$

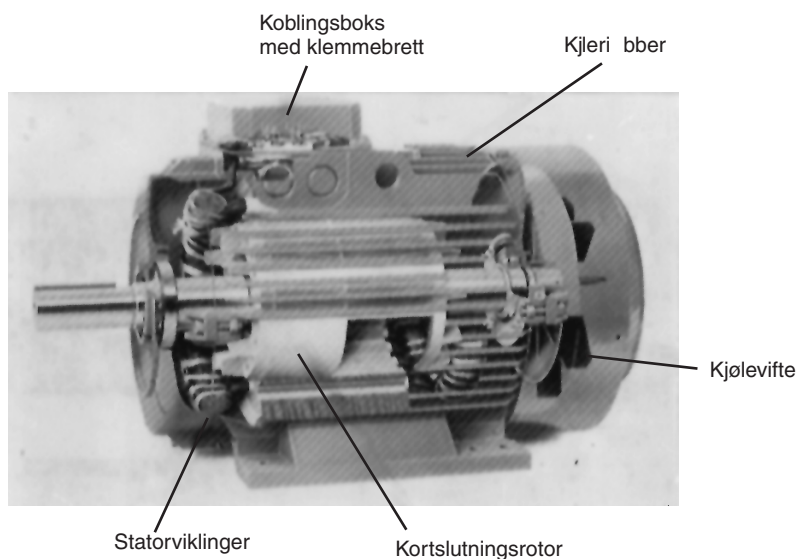
Figur 4.8 3-faset  
stjernetkoblet  
varmeovn



## 3-faset asynkron vekselstrømsmotor

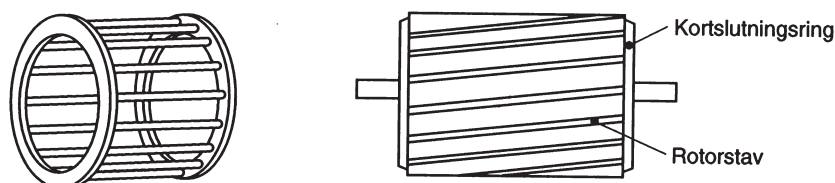
Figur 4.9 viser en gjennomskåret trefase asynkron vekselstrømsmotor.

Figur 4.9 Trefase  
asynkron veksel-  
strømsmotor



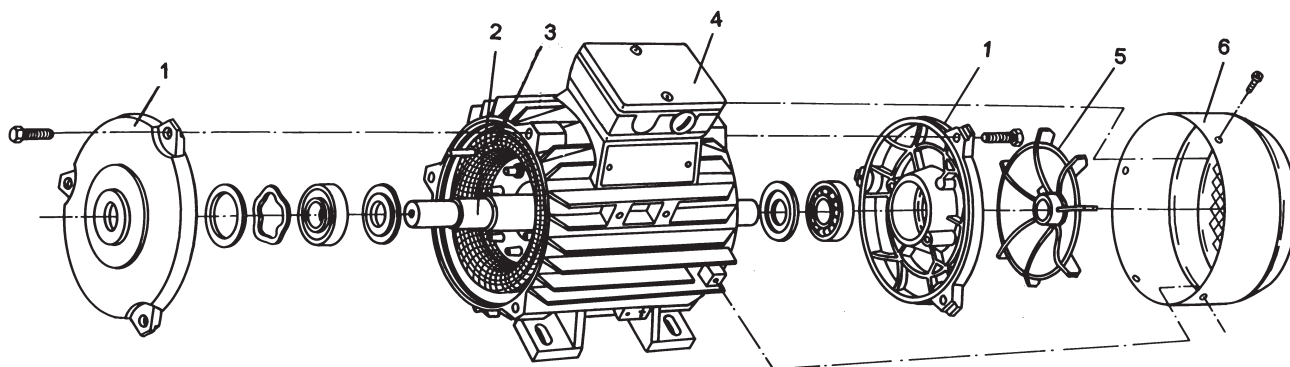
Den elektriske delen av motoren består av en fast del som vi kaller stator, og en roterende del som vi kaller rotor. I spor rundt statoren er det plassert tre faseviklinger, en for hver av de tre nettfasene L1, L2 og L3. Fra hver fasevikling er ledningsendene ført fram til motorens klemmebrett. I spor rundt statoren er det plassert en vikling av aluminium. Den er i hver ende kortsluttet med en aluminiumsring. På fagspråket kalles motoren vanligvis kortslutningsmotor fordi rotorviklingen er kortsluttet. Siden rotorviklingen ser ut som et bur, kalles den burvikling. Se figur 4.10.

Figur 4.10 Rotorvikling (burvikling)



### Hvordan en 3-faset asynkronmotor er bygd opp

Figur 4.11 viser hvordan motoren er bygd opp.

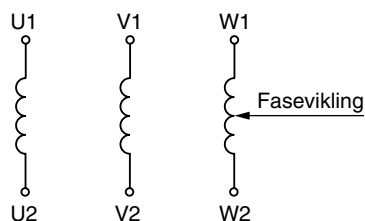


Figur 4.11 Oppbyggingen av en asynkronmotor

- |                            |                                |
|----------------------------|--------------------------------|
| 1 Lagerskjold              | 4 Koblingsboks med klemmebrett |
| 2 Kortslutningsrotor       | 5 Kjølevifte                   |
| 3 Stator med faseviklinger | 6 Viftedeksel                  |

### Hvordan asynkronmotor kobles til elnettet

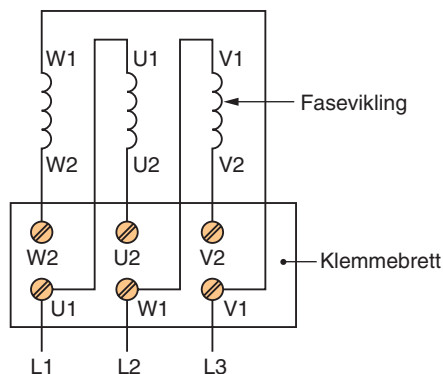
Hvordan faseviklingene til motoren tegnes og merkes, er vist på figur 4.12. Begynnelsen på viklingene er merket U1, V1 og W1, mens slutten på viklingene er merket U2, V2 og W2.



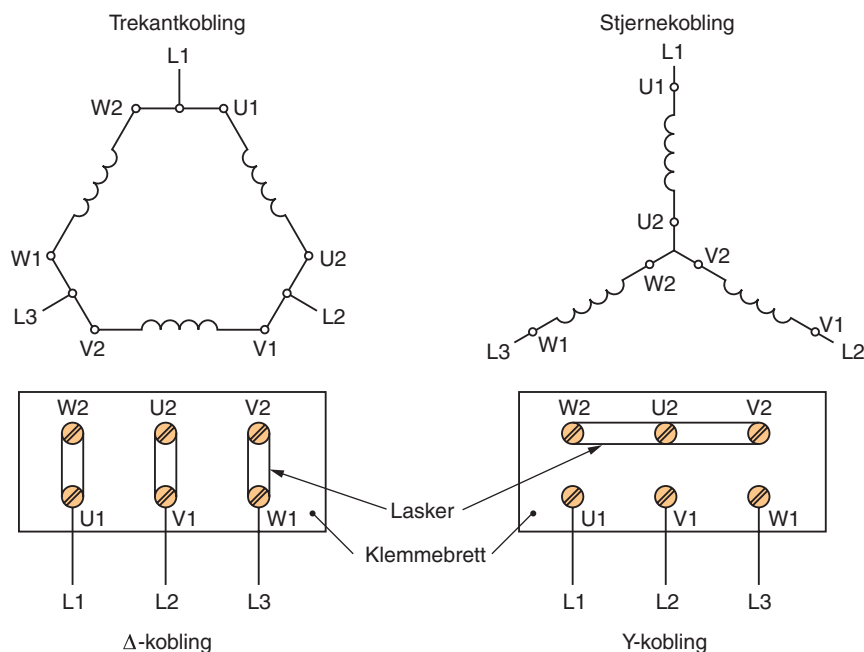
Figur 4.12 Tegning og merking av faseviklingene

På figur 4.13 er det vist hvordan ledningsendene til faseviklingene på statoren er ført fram til motorens klemmebrett og hvordan de er koblet til klemmebrettet.

**Figur 4.13 Statorviklinger koblet til motorens klemmebrett**



Motorens tre statorviklinger kan kobles sammen og kobles til elnettet på to måter, enten i det vi kaller *trekantkobling* eller i det vi kaller *stjernetkobling*. Stjernetkobling symboliseres med bokstaven Y, mens trekantkobling symboliseres med bokstaven D (delta) eller med tegnet  $\Delta$ . Det som bestemmer om motoren skal kobles i stjerne eller trekant, er hvilken spenning motoren er laget for, og hvilken nettspenning den skal kobles til. Viklingene kan enkelt kobles enten i trekant- eller stjernetkobling ved at vi flytter lasker eller forbindelser på motorens klemmebrett. Se figur 4.14.



**Figur 4.14 Trekant- og stjernetkobling**

### Driftspenningen til asynkronmotoren

Når trefasemotoren kobles til elnettet, må motorens merkespenning og koblingsmåte stemme overens med nettspenningen. Merkespenning og koblingsmåte er angitt på motorens merkeskilt.

Er motoren merket slik: 230 V $\Delta$  / 400 VY, betyr det at når motoren skal kobles til nettspenningen 230 V, skal statorviklingene kobles i trekant, mens de skal kobles i stjerne dersom nettspenningen er 400 V.

### Merkeskilt til en asynkronmotor

En elektrisk motor er alltid forsynt med et merkeskilt. På skiltet står er de viktigste motordataene. Figur 4.15 viser et eksempel på merkeskilt for en 3-faset asynkronmotor.

Mot. $\approx$ 50 Hz	IEC34 - 1 - 1969
MT90124 - 4	IP 34
1,5 kW 2 hp	1420 r/min.
380 V 3,7 A	220 V $\Delta$ 6,4 A
Class B	$\cos \phi = 0,79$
Cat. No MK 100021 - A	

Figur 4.15 Merkeskilt for motor

### Forklaring til motorens merkeskilt

**Mot. 3  $\approx$  50 Hz** forteller at motoren er beregnet for tilkobling til trefase vekselstrøm med frekvensen 50 Hz.

**IEC34 – 1 – 1969** forteller at motoren er laget etter IEC normen IEC34 – 1 – 1969.

**IP 34** IP betyr International Protection; det forteller om hvordan motoren er innkapslet eller beskyttet. Det første sifferet angir graden av beskyttelse mot berøring og inntrengning av faste gjenstander. Det andre sifferet angir beskyttelse mot vann. Når første siffer er 3, betyr det at motoren er beskyttet mot inntrengning av faste gjenstander større enn 2,5 mm. Når andre siffer er 4, betyr det at motoren er beskyttet mot vann som spruter fra alle retninger.

**1,5 kW** forteller at motorens merkeeffekt er 1,5 kW, det vil si at den maksimale effekten som motoren kan levere på drivakselen, er 1,5 kW.

**1420 r/min** forteller at motorens turtall ved merkeeffekten, er 1420 omdreininger per minutt.

**380 V Y 3,7 A–220 V  $\Delta$  6,4 A** forteller at dersom motoren skal kobles til nettspenningen 380–400 V, må den kobles i stjernekobling, skal motoren kobles til nettspenningen 220–230 V, må den kobles i trekantkobling. Ved merkeeffekt trekker motoren 3,7 A når den er stjernekoblet, og 6,4 A når den er trekantkoblet.

**$\cos \phi = 0,79$**  forteller at motoren ved merkeeffekt har fasevinkelen 0,79.

Du vil finne stoff om effektfaktoren og faseforskyvning i boka «Elektroteknikk i praksis».

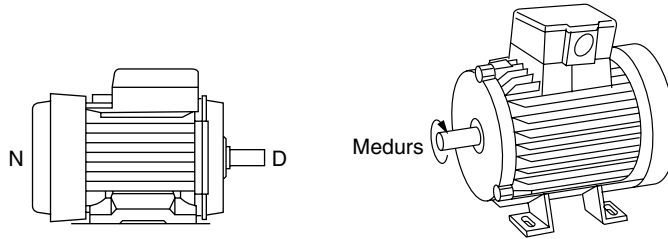
## Dreieretningen til en asynkronmotor

Dersom vi kobler faserekkefølgen L1, L2, L3 på nettet til statoruttakene merket U, V, W, vil motoren rotere med urviseren sett fra D-enden. Se figur 4.16. (D = driver, aksel). Dersom vi ønsker motsatt dreieretning, bytter vi om to av de tre ledningene som er koblet til kontakten eller motoren.



## D-ende og N-ende

Figur 4.16 Normal dreieretning er med urviseren sett mot D-enden



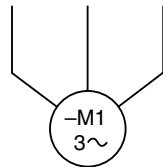
Ifølge IEC Publ 34–7 er endene til en motor definert slik:

D-ende: Den enden som normalt er motorens drivende ende (*Drive end*).

N-ende: Den enden som normalt er motorens ikke-drivende ende (*Non-drive end*)

## Grafisk symbol for motor

I skjemaer brukes dette symbolet for motor:



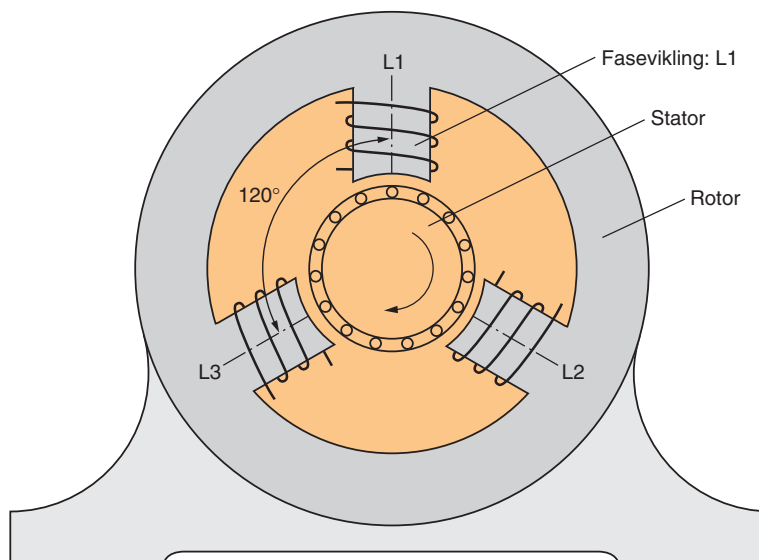
Figur 4.17 grafisk symbol for trefase asynkronmotor

## Virkemåten til en 3-faset asynkronmotor

Vi har to typer 3-fasete vekselstrømmotorer: synkronmotorer og asynkronmotorer. I synkromotoren er turtallet (omdreiningstallet) på motoraksen synkront – i takt med – med nettfrekvensen, mens turtallet til motoraksen på asynkronmotoren er asynkront – i utakt – med nettfrekvensen. Vi skal se påvirkemåten til asynkronmotoren.

### Asynkronmotoren

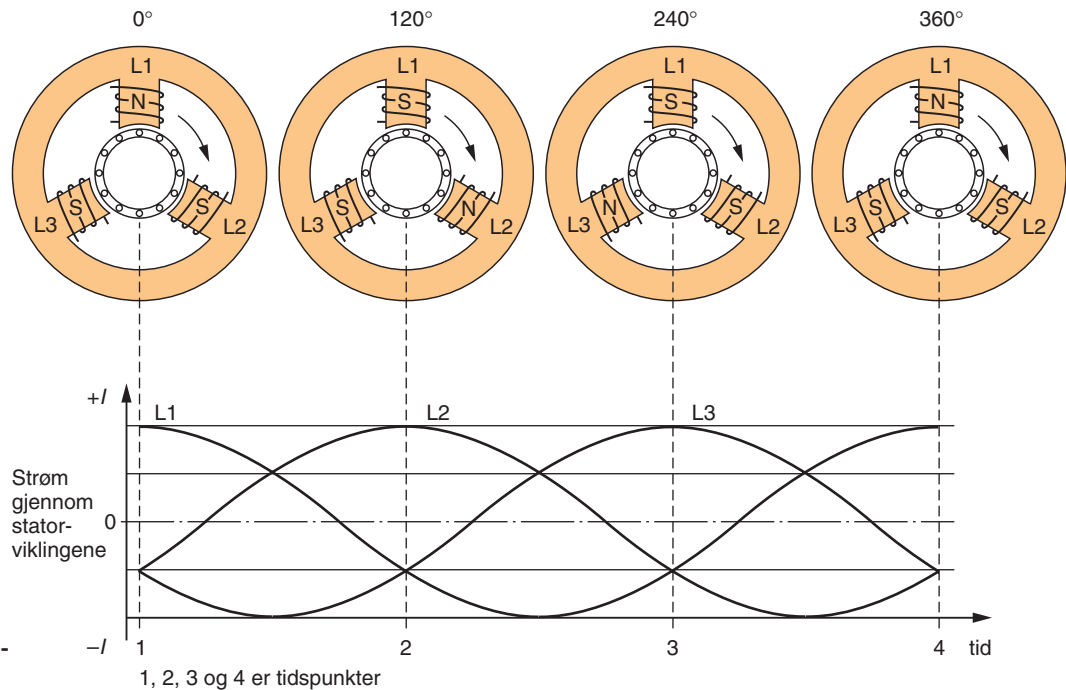
Figur 4.18 viser den prinsipielle oppbygningen av en 3-faset asynkronmotor.



Figur 4.18 Prinsipiell oppbygning av asynkronmotoren

Den elektriske delen av motoren består av en stator og en rotor. Rundt statoren er det plassert tre faseviklinger med faserekkefølgen L1, L2, L3. Rundt rotoren er plassert en kortsluttet rotorvikling.

### Magnetisk dreiefelt



Figur 4.19 Magnetisk dreiefelt

Når statorviklingene kobles til trefasenettet, vil det oppstå et magnetfelt i statorjernet som dreier rundt med konstant hastighet. Hastigheten er bestemt av nettets frekvens og av antall statorviklinger.

Det magnetiske dreiefeltet dannes ved at statorviklingene L1, L2 og L3 blir magnetisert og får nord- og sørpoler etter hvert som spenningen over viklingene skifter retning. På tidspunkt 1 er strømretningen gjennom viklingen L1 slik at den danner en nordpol mot rotoren. Samtidig er det motsatte strømretninger gjennom viklingene L2 og L3, slik at de danner to sørpoler mot rotoren. På tidspunkt 2 er strømretningen gjennom viklingen L2 slik at den danner en nordpol mot rotoren, mens strømretningen gjennom L3 og L1 er slik at de danner to sørpoler mot rotoren. I tidspunkt 3 er strømretningen slik at L3 danner nordpol mot rotoren, mens L1 og L2 danner sørpoler mot rotoren.

Det magnetiske dreiefeltet i statoren oppstår altså når statorviklingene kobles til elnettet. I startøyeblikket passerer dreiefeltet de stillestående rotorviklingene, noe som fører til at det magnetiske dreiefeltet skjærer over rotorviklingene og induserer spenning i rotorviklingene. Den induserte rotorspenningen gjør at det flyter strøm i viklingene og at det dannes et magnetisk felt rundt hver av rotorviklingene. Feltet som dannes, vil være rettet *mot* dreiefeltet (jf. Lentz lov). Dersom en nordpol i dreiefeltet nærmer seg en av polene på rotoren, blir denne en nordpol. De to like polene vil frastøte hverandre. Og når dreiefeltets nordpol fjerner seg fra rotorpolen, blir denne en sørpole slik at vi får to ulike poler som tiltrekker hveran-

dre. I rotorviklingene dannes det hele tiden magnetiske poler slik at rotoren dreier seg i samme retning som dreiefeltet.

Rotorens hastighet kan ikke være lik dreiefeltets hastighet, for da vil ikke rotorviklingene skjæres over av det magnetiske dreiefeltet. Og da ville vi ikke få induisert noen spenning i rotorviklingene, ingen rotorstrøm og heller ikke det magnetiske feltet rundt rotorlederne som er nødvendig for å utvikle en trekkraft. Rotorens etterslep i forhold til dreiefeltets hastighet, kalles *sakking*. Den angir forskjellen mellom feltets hastighet og rotorens omdreiningstall. Ved tomgang er motorens sakking svært liten, men øker ved økende belastning og er ved full belastning noen få prosent. Navnet asynkronmotor kommer av at turtallet til rotoren ikke er synkront med dreiefeltets omdreiningstall.

### Asynkronmotorens turtall

Turtallet på rotoren i asynkronmotoren er bestemt av nettfrekvensen og antall viklinger eller poler på motorens statorvikling. Ved frekvensen 50Hz gjelder den enkle huskeregelen at turtallet er lik 6000 dividert med antall poler på motoren. Det er det synkrone turtallet. Turtallet til en asynkronmotor kan aldri nå så høyt. På tomgang er imidlertid turtallet praktisk talt likt det synkrone turtallet, men ved merkeeffekten er det noe lavere.

Forskjellen mellom rotorens dreiehastighet og statorfeltets, kalles etterslep eller sakking. Sakkingen blir vanligvis oppgitt i prosent av det synkrone turtallet. Det kan beregnes på denne måten:

### Formel

Sakkingen finner vi av denne formelen:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \cdot 100 \%$$

der  $s$  er sakking, etterslep (%)

$n_1$  er synkron rotasjonsfrekvens (r/min)

$n$  er asynkron rotasjonsfrekvens (r/min)

### Eksempel

En firepolt motor har følgende data: 4 kW, 380 V, 50 Hz, 1425 r/min

Når merkeeffekten er 4 kW blir

$$n_1 = \frac{2 \cdot f}{p} = \frac{2 \cdot 50 \text{ Hz}}{4} = 25 \text{ Hz} = 25 \cdot 60 \text{ r/min} = 1500 \text{ r/min}$$

( $p$  er antall poler)

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \cdot 100 \% = \frac{1500 \text{ r/min} - 1425 \text{ r/min}}{1500 \text{ r/min}} \cdot 100 \% = 5 \%$$

## OPPGAVER

### 4.1

Skriv ned navnet på de elementene som inngår i et enkelt motoranlegg.

### 4.2

Hvilke elektriske enheter består en 3-faset asynkron vekselstrømsmotor av?

### 4.3

Tegn en skisse av klemmebrettet til en motor og vis hvordan motoren kobles i stjernekobling og i trekantkobling.

### 4.4

Forklar kort hva som er årsaken til at motoraksen begynner å dreie når statorviklingene kobles til elnettet.

### 4.5

En motor har dette merkeskiltet:

Motor 3 ~	IP 55
0,75 kW	1400 r/min
	$\cos \varphi = 0,74$
380 V Y 2,1 A	220 V 3,6 A

Forklar hva det som står på skiltet, betyr.

## ØVING 4.1

### TREFASET ASYNKRONMOTOR

#### 1 Demontering og montering av motor

- Demontér en trefase asynkronmotor eller se på en demontert motor.
- Studer oppbygningen av motoren og tegn en enkel skisse av motordelene. Sett navn på delene.
- Monter motoren.

#### 2 Motorens merkeskilt

Tegn av merkeskiltet på den motoren som du skal bruke i kurset. Forklar hva det som står på skiltet, betyr.

#### 3 Kobling av motoren

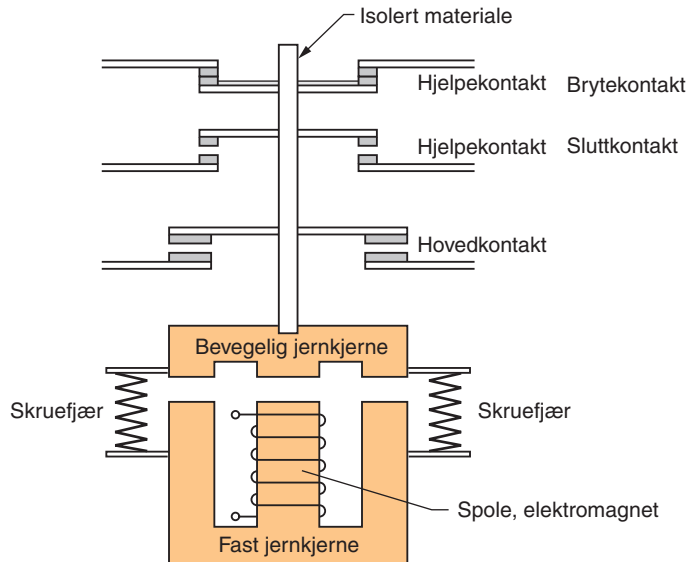
Kobl motoren til et støpsel med 1 meter lang plast- eller gummikabel.

#### 4 Prøving av motoren

Kobl motoren til elnettet med støpslet og registrer motorens dreieretning.

## Kontaktorer

For å koble motorer til og fra elnettet i automatiserte anlegg bruker vi vanligvis kontaktorer. En kontaktor er en elektromagnetisk bryter som er laget for å koble den elektriske strømmen til motorviklingene. Figur 4.20 viser en prinsippskisse av en kontaktor.



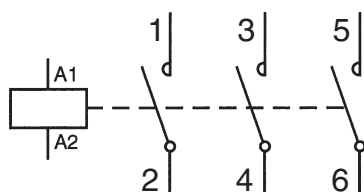
Figur 4.20 Prinsippskisse av en kontaktor

Av figur 4.20 ser vi at kontaktoeren består av en fast og en bevegelig jernkjerne. Til den bevegelige jernkjernen er det festet to sett med kontakter: ett sett med hovedkontakter som brukes til å slutte (slå på) og bryte hovedstrømmen, og ett sett med hjelpekontakter som brukes til å slutte og bryte styrestrømmer. Hovedkontaktene er normalt større og kraftigere enn hjelpekontaktene, da disse skal føre motorstrømmen, mens hjelpekontaktene bare skal føre styrestrømmen.

Videre består kontaktoeren av en spole: Når det går strøm gjennom spolen dannes det et magnetisk felt som trekker den faste og den bevegelige jernkjernen sammen. Da vil hovedkontaktene lage elektrisk forbindelse for motorstrømmen. Hjelpekontakter med sluttkontakt vil gi elektrisk forbindelse for styrestrømmen, mens hjelpekontakter med brytekontakt vil bryte styrestrømmen. For å holde jernkjernene fra hverandre når det ikke går strøm gjennom spolen, bruker vi en eller flere skruefjærer.

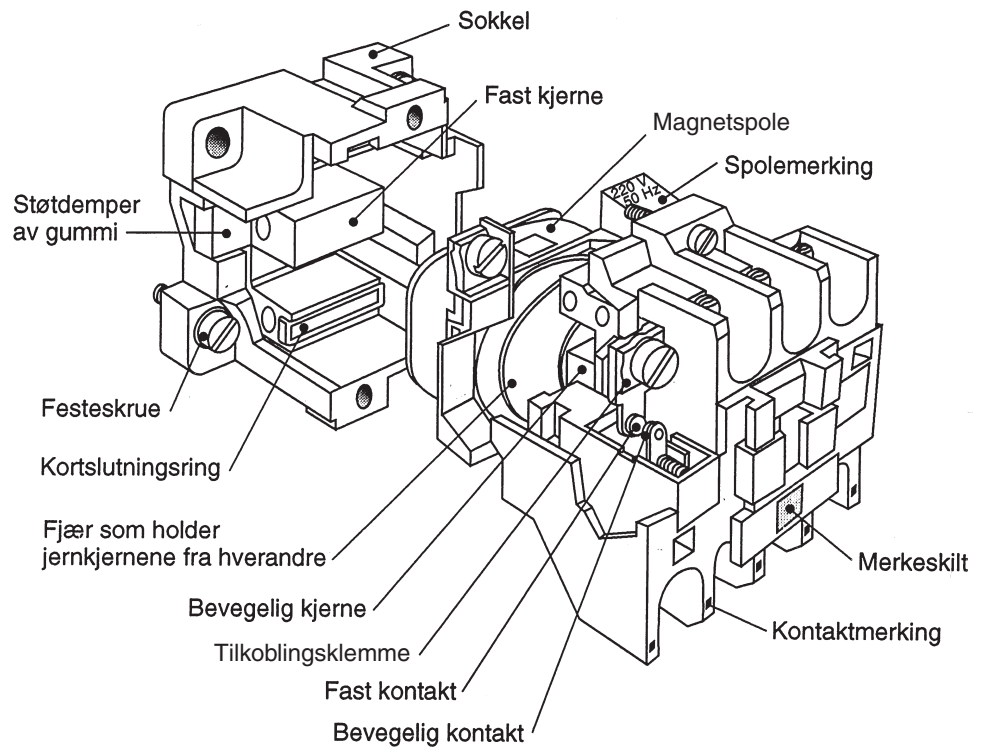
### Symbol

I elektrotekniske skjemaer tegnes kontaktoerer slik det er vist på figur 4.21. Kontaktoerspoken er tegnet som et rektangel. Tilkoblingene til spolen er merket A1 og A2.



Figur 4.21 Symbolet for en kontaktor

På figur 4.22 ser du navnene på de enkelte delene i kontaktoren.



4.22 Navnet på delene som en kontaktor består av

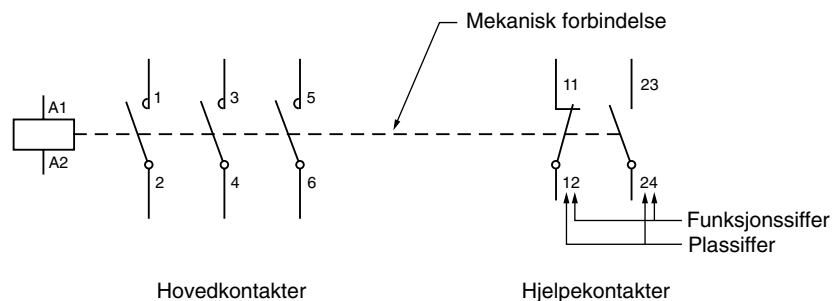
## Klemmemerking

### Hovedkontakter

Hovedkontaktene er på inngangssiden merket med oddetallene 1-3-5 og på utgangssiden merket med partallene 2-4-6. Se figur 4.23.

### Hjelpekontakter

Hjelpekontaktene er merket med to sifre. Det første sifferet angir kontaktens nummer i rekken av kontakter (plasseringssiffer). Det andre sifferet angir kontaktens funksjon (funksjonssiffer). Se figur 4.23.



Figur 4.23 Kontaktorens klemmemerking

## Valg av kontaktor

Det som bestemmer størrelsen til kontaktorer som brukes i elektriske anlegg, er hvor stor strøm hovedkontaktene kan slutte og bryte ved ulike typer av belastninger. Den belastningen som kontaktene best tåler å koble, er belastning som for eksempel strømmen til lamper og ovner (ohmsk belastning). En belastning som sliter mer på kontaktene og krever kraftigere kontakter enn ved ohmsk belastning, er induktiv belastning. Den finner vi der det er spoler, for eksempel i motorer. Aller størst belastning får kontaktene dersom motoren hele tiden startes og stoppes.

For at produsenten og brukeren av kontaktorer skal ha den samme forståelse av hva som menes med ulike typer av belastninger, er det laget en internasjonal norm som forteller dette. Normen deler belastningene på hovedkontaktene inn i ulike driftskategorier som er bestemt av både kontaktorens bruksmåte og type belastning. For vekselstrømsbelastninger er det fire driftskategorier: AC1, AC2, AC3 og AC4.

- AC1: Ohmsk belastning og svak induktiv belastning, for eksempel elektriske varmeelementer.
- AC2: Start av sleperingsmotorer med stopp og reversering av motoren før den har nådd sitt merketurtall, sitt normale turtall.
- AC3: Start av kortslutningsmotorer med stopp av motoren under drift. Denne type belastning er den mest vanlige. Vi har den ved for eksempel drift av ventilatorer, pumper og transportbånd.
- AC4: Start av kortslutningsmotorer med stopp under startforløpet og reversering, Denne belastningen er for eksempel kjent fra elektrisk drift av heisekraner.

Figur 4.24 viser en tabell for å bestemme en kontaktors størrelse for ulike typer av belastninger.

$I_n$  = Strømmen som kontaktoren er beregnet for å slutte og bryte ved AC 1 drift  
 $U_n$  = Spenningen som kontaktoren er beregnet for å slutte og bryte ved AC 1 drift

Ved andre driftskategorier enn AC 1 må det velges kontaktorer som kan koble større strømmer.

Driftskategori	Slutte		Bryte		$\cos \varphi$
	$I_n$	$U_n$	$I_n$	$U_n$	
AC1	$1 \cdot I_n$	$1 \cdot U_n$	$1 \cdot I_n$	$1 \cdot U_n$	$\geq 0,95$
AC2	$2,5 \cdot I_n$	$1 \cdot U_n$	$2,5 \cdot I_n$	$1 \cdot U_n$	$\geq 0,65$
AC3	$6 \cdot I_n$	$1 \cdot U_n$	$1 \cdot I_n$	$0,17 \cdot U_n$	$\geq 0,35$
AC4	$6 \cdot I_n$	$1 \cdot U_n$	$6 \cdot I_n$	$1 \cdot U_n$	$\geq 0,35$

Figur 4.24

### Eksempel på bruk av tabellen på figur 4.24

En motor skal styres med en kontaktor. På motorens merkeskilt er følgende data gitt: 3 ~, 230 V, 6,6 A,  $\cos \varphi$  0,8. Bestem kontaktorstørrelsen når driftskategorien er AC3.

Går vi inn i tabellen, finner vi at for å slutte strømmen i AC3-drift, må kontaktoren dimensjoneres etter  $6 \cdot I_n$ . Dette gir  $6 \cdot 6,6 = 39,6$  A

Til styring av motoren må vi velge en kontaktor som minst har  $I_n = 39,6$  A,  $U = 230$  V. Når vi dimensjonerer på grunnlag av kontaktorens koblings-egenskaper, velger vi den minste kontaktorstørrelsen. Den må ha en maksimalbelastning som er større eller lik med den aktuelle belastningen. En kontaktor kan også dimensjoneres ut fra levetid, men det skal vi ikke gå inn på her.

#### OPPGAVER

##### 4.6

Tegn en prinsippskisse av en kontaktor, sett navn på delene og forklar kort hvordan den virker.

##### 4.7

Tegn symbolet for en kontaktor med to hjelpekontakter, en sluttekontakt og en brytekontakt og forklar hvordan kontaktene skal merkes.

##### 4.8

På merkeskiltet til en trefase asynkronmotor står dette:

3-fase, 230 V, 2,2 A,  $\cos \varphi$  0,7.

Bestem kontaktorstørrelsen når driftskategorien er AC 3.



## ØVING 4.2

### KONTAKTOREN

#### 1 Demontering og montering av en kontaktor

- Demonter en av de kontaktorene som du bruker i kurset.
- Ta ut spolen.
- Mål spolens resistans.

Måleverdi: \_\_\_\_\_

- Sett spolen på plass og monter kontaktoren.
- Funksjonsprøv kontaktoren.  
Etter at kontaktoren er montert må den funksjonsprøves. Kobl spenning på kontaktorsspolen og undersøk om den virker slik den skal.

#### 2 Elektrisk undersøkelse av kontaktoren

- Kobl kontaktoren til en variabel transformator med instrumenter for måling av strøm og spenning som vist på figuren.

- Still inn transformatoren på kontaktorspolens merkespenning og mål strømmen gjennom spolen.

Måleverdi: \_\_\_\_\_

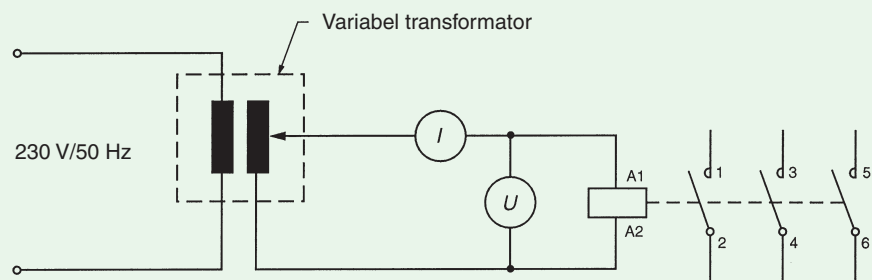
- Mål minste spolespenning som må til for at hovedkontaktene slutter.

Måleverdi: \_\_\_\_\_

- Still inn transformatoren på kontaktorspolens merkespenning. Reduser deretter spenningen til hovedkontaktene brytes. Ved hvilken spenningsverdi brytes hovedkontaktene?

Måleverdi: \_\_\_\_\_

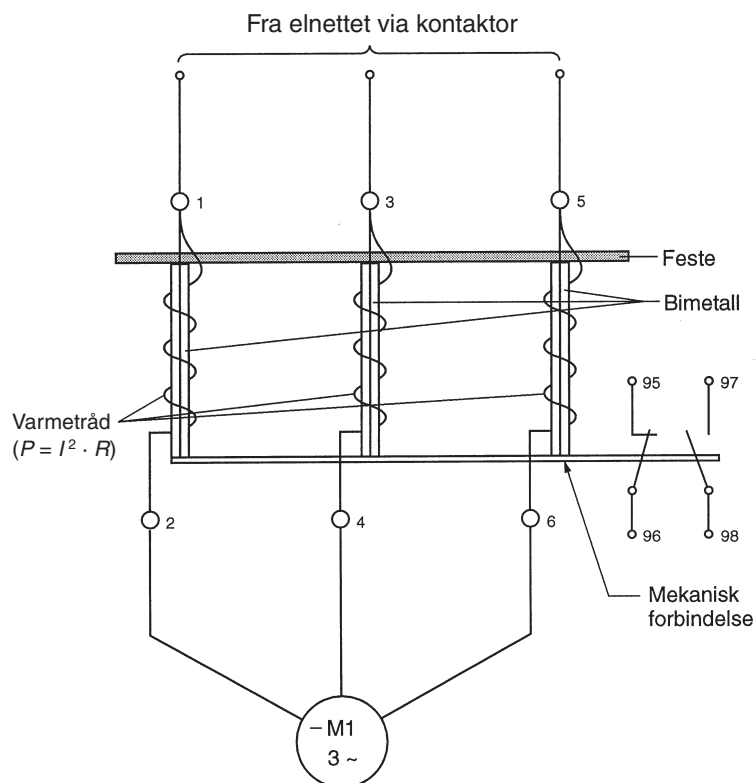
- Hva er årsaken til at det er forskjell på måleverdiene i oppgavene c) og d)?



## Motorvern

For å beskytte motoren mot overbelastning, skjevbelastning (strømmen i motorledningene er forskjellig) eller fasebrudd bruker vi vanligvis termisk motorvern, det kalles også bimetallrelé. Dersom strømmen i en av tilledningene til motoren blir større enn det motoren er beregnet for, vil dette merkes av motorvernet, som vil koble ut styrestrømmen til kontaktoren slik at motorstrømmen brytes.

Det er koblet slik at strømmen til motoren går gjennom motorvernet. I motorvernet går strømmen gjennom tre små varmetråder, en for hver fase. Varmetrådene er viklet rundt tre bimetallstykker. Dersom motorstrømmen blir for stor, blir det stor varmeutvikling i varmetrådene. Det fører til at bimetallene vil bøye seg og mekanisk påvirke en sluttekontakt og en brytekontakt. Brytekontakten kobles i serie med kontaktorspolen. Figur 4.25 viser en prinsippskisse av et termisk motorvern.



**Figur 4.25 Termisk motorvern**

#### Forklaring til figur 4.25

Når bimetallet varmes opp på grunn av for stor motorstrøm i en av faseledningene, vil kontakten merket 95–96 bryte og kontakten merket 97–98 slutte. Når kontakten 95–96 er koblet i serie med kontaktorspolen, vil strømmen gjennom kontaktorspolen brytes når motorvernet løser ut, og kontaktoren vil bryte strømmen til motoren. Dersom en ønsker indikering av at motorvernet har koblet ut med en signallampe, kan strømmen til lampen kobles i serie med kontakten 97–98.

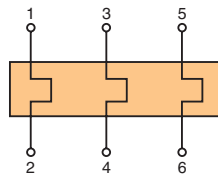
## Innstilling av vernet

Vernet skal stilles inn på motorens merkestrøm, verken over eller under. Stilles vernet for lavt, utnyttes ikke motoren fullt ut. Stilles det for høyt, vil det gi dårlig beskyttelse av motoren.

Termiske releer må alltid ha forankoblede vern (sikringer) som skal bryte ved kortslutning og beskytte motorvernet. Størrelsen på vernet må alltid være tilpasset motorvernet, slik at det ved kortslutning er sikringene og ikke det termiske releet som bryter kretsen. Tabellen over største tillatte forankoblede vern (sikringer) står i leverandørenes kataloger eller på vernet.

## Symbol

I elektrotekniske skjemaer tegnes motorvern slik det vist på figur 4.26.



Figur 4.26 Symbol for motorvern

### OPPGAVER

#### 4.9

Tegn en prinsippskisse av et motorvern og forklar kort hvordan det virker.

#### 4.11

Hvordan skal et motorvern stilles inn?

#### 4.10

Tegn symbolet for et motorvern.

### ØVING 4.3

#### MOTORVERN

##### 1 Motorvernets oppbygning

Studer oppbygningen av et demontert motorvern og tegn en skisse som viser hvordan det er bygd opp.

##### 2 Motorvernets data

Studer motorvernets data og svar på disse spørsmålene:

- a) Hva er motorvernets innstillingsområde?
- b) Hvor store er største tillatte forankoblede sikringer for motorvernet?
- c) Hvilken verdi vil du stille inn motorvernet på?

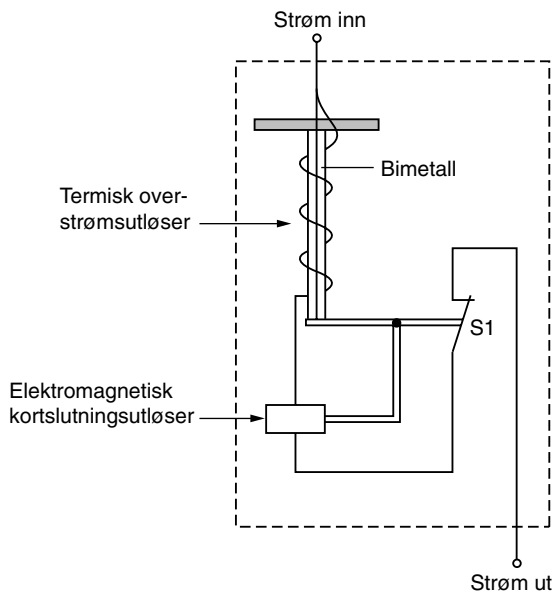
## Kortslutnings- og overstrømsvern

Feil på elektriske anlegg kan føre til at det går større strøm gjennom ledninger, kabler og elektrisk utstyr enn det de er beregnet for. Det kan føre til skadelig oppvarming av ledninger og utstyr, som kan føre til brann. For å hindre skadelig oppvarming utstyres anleggene med vern (sikringer). De skal bryte strømmen gjennom anlegget dersom den blir større enn det som er tillatt. I dette kurset skal vi bruke automatsikringer.

I automatsikringene går strømmen gjennom to brytesystemer, et som skal bryte strømmen momentant dersom det oppstår kortslutning, og et som skal bryte strømmen ved mindre overstrømmer over tid. Begge systemene er mekanisk koblet til en bryter.

Systemet som bryter strømmen ved mindre overstrømmer over tid, er basert på oppvarming av bimetall som bøyer seg og påvirker en brytekontakt.

Det andre systemet er basert på et elektromagnetisk relé, som bryter strømmen momentant ved stor overstrøm som ved kortslutning. Figur 4.27 viser en prinsippskisse av en automatsikring.



**Figur 4.27** Prinsippskisse av en automatsikring

#### Forklaring til figur 4.27

Figur 4.27 viser en termisk overstrømsutløser og en elektromagnetisk kortslutningsutløser som er koblet i serie. Den termiske utløseren består av et bimetall som oppvarmes av strømmen. Ved oppvarming bøyes det til siden og bryter kontakten S1. Ved liten overbelastning vil det gå lang tid før kontakten S1 brytes, mens det vil gå kort tid før kontakten S1 brytes ved stor overbelastning.

Kortslutningsutløseren løser ut momentant ved store overstrømmer (kortslutningsstrømmer). Den består av en spole og et anker som mekanisk er koblet til bryteren S1. Når overstrømmen kommer over en viss verdi, blir releet aktivisert, og S1 bryter strømmen.

## Sikringsers utløsekarakteristikk

I elektriske anlegg bruker vi sikringer med ulike utløsegrenser eller utløsekarakteristikker som dekker ulike bruksområder. For automatsikringer brukes denne inndelingen:

- A-automater: automatsikringer med A-karakteristikk
- B-automater: automatsikringer med B-karakteristikk
- C-automater: automatsikringer med C-karakteristikk
- D-automater: automatsikringer med D-karakteristikk

Sikringer med B-karakteristikk bruker vi som vern i styrestrømskretser hvor det ikke er store strømstøt ved innkobling. Kortslutningsutløseren er justert til 3–5 ganger merkestrømmen.

Sikringer med C-karakteristikk brukes til å verne ledninger, motorvern og motorer i motoranlegg. Kortslutningsutløseren er justert til 5–10 ganger merkestrømmen. Det gjør at store startstrømmer ikke fører til utkobling av motoren.

Sikringer med D-karakteristikk brukes i anlegg med store induktive belastninger. Det er anlegg hvor det brukes apparater med mye elektriske spoler, for eksempel magnetventiler, magnetspoler, transformatorer og i motoranlegg.

Utløsegrenser for automatsikringer:

Type	$I_n$	$I_1$	$I_2$	$I_4$	$I_5$
B-automat	6–63 A	$1,13 \cdot I_n$	$1,45 \cdot I_n$	$3 \cdot I_n$	$4,8 \cdot I_n$
C-automat	0,5–63A	$1,13 \cdot I_n$	$1,45 \cdot I_n$	$5 \cdot I_n$	$9,5 \cdot I_n$
D-automat	6–40 A	$1,13 \cdot I_n$	$1,45 \cdot I_n$	$10 \cdot I_n$	$15 \cdot I_n$

Figur 4.28

$I_n$  = merkestrøm på automatsikringen

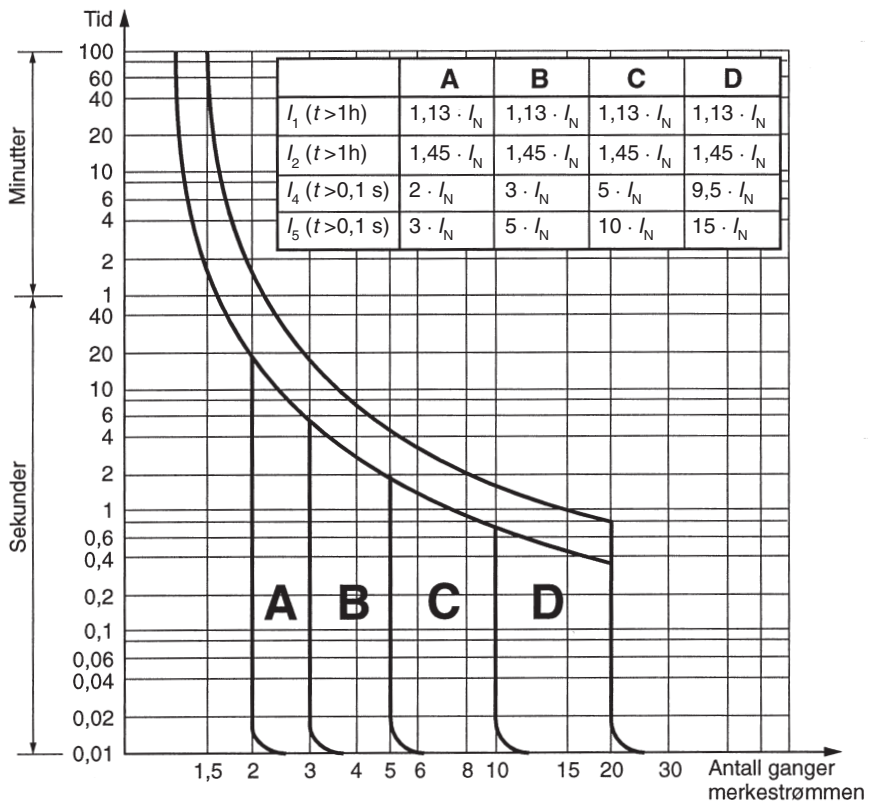
$I_1$  = den strømmen automaten garantert ikke løser ut på i løpet av en time

$I_2$  = den strømmen automaten garantert løser ut på i løpet av en time

$I_4$  = den strømmen som kortslutningsvernet garantert ikke løser ut på

$I_5$  = den strømmen som kortslutningsvernet garantert løser ut på

Figur 4.29 viser utløsekarakteristikken for ulike typer av automatsikringer.



Figur 4.29

## OPPGAVER

### 4.12

Hvorfor bruker vi sikringer i motoranlegg? Hva sier normen for elektriske installasjoner?

### 4.13

Tegn en prinsippskisse av en automatsikring og forklar kort hvordan den virker.

### 4.14

Hva er den elektriske forskjellen på automatsikringer med C- og D-karakteristikk?

### 4.15

Hvilken type sikringer mener du vi skal bruke i motoranlegg?

### 4.16

Finn ut hvor lang tid det tar før en sikring med C-karakteristikk og merkestrøm 10 A løser ut når strømmen gjennom sikringen er 20 A.

## ØVING 4.3

### MOTORVERN

#### 1 Sikringsoppbygning

Studer oppbygningen av en demontert sikring og tegn en skisse som viser hvordan den er bygd opp.

#### 2 Sikringenes data

Skriv ned de dataene som hovedstrømssikringene og styrestrømsikringene er merket med, og forklar kort hva de enkelte dataene betyr.

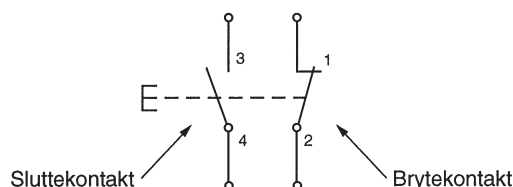
#### 3 Kortslutningsprøving av sikring

Kobl styrestrømssikringene til elnettet. Kortslett utgangen til sikringene med ledningsforbindelse. Fungerte sikringen?

## Betjeningsbrytere

Betjeningsbrytere er manuelle brytere som brukes for å styre kontaktorer som starter og stopper motorer. I dette kurset skal vi bruke monostabile trykknappbrytere som betjeningsbrytere. Det er brytere som betjenes med et fingertrykk, og som går tilbake til utgangsstilling etter at de er blitt betjent. På hver trykknappbryter er det vanligvis montert to kontakter, en brytekontakt og en sluttekontakt. Figur 4.30 viser symbolet for en trykknappbryter med slutte- og brytekontakt.

Figur 4.30 Symbolet for en betjeningsbryter



Brytekontakten er merket med funksjonstallene 1–2, mens sluttekontakten er merket med funksjonstallene 3–4.

## Fargekode for betjeningsmateriell

Farge	Fargens betydning	Brytere	Lamper
Rød	Farlig situasjon Nødsituasjon	Betjenes i tilfelle en farlig situasjon Nødsituasjon	Nødstop Utløsning av en nød-stoppsfunksjon
Gul	Unormal situasjon	Betjenes i tilfelle en unormal tilstand Inngrep for gjenstart av en avbrutt automatisk syklus	Indikerer unormal tilstand Indikerer gjenstart av en avbrutt automatisk syklus
Grønn	Normal situasjon	Betjenes i tilfelle en sikker tilstand eller forberedende normale tilstander	Indikerer funksjoner som angir sikker eller normal tilstand
Blå	Nødvendig eller obligatorisk inngrep	Betjenes i tilfelle en tilstand som krever et obligatorisk inngrep	Tilbakestillingsfunksjon
Hvit	Ingen spesifikk betydning	Start Idriftsetting (foretrukket)	For generell indikasjon av funksjoner bortsett fra nød-stop
Grå	Ingen spesifikk betydning	Start Innkobling Stopp Utkobling	For generell indikasjon av funksjoner bortsett fra nød-stop
Svart	Ingen spesifikk betydning	Stopp Utkobling (foretrukket)	For generell indikasjon av funksjoner bortsett fra nød-stop

## Utstyr til øvingene

I dette kurset skal du gjennomføre en rekke øvinger for å lære å styre, koble og feilsøke på motoranlegg. For å gjøre øvingene bør du helst ha ditt eget sett med elektrisk utstyr som du kan koble og måle på. På den skolen der forfatteren arbeider, ble det utviklet et enkelt koblingsutstyr til hver elev. Vi skal se på utstyret som ble lagd.

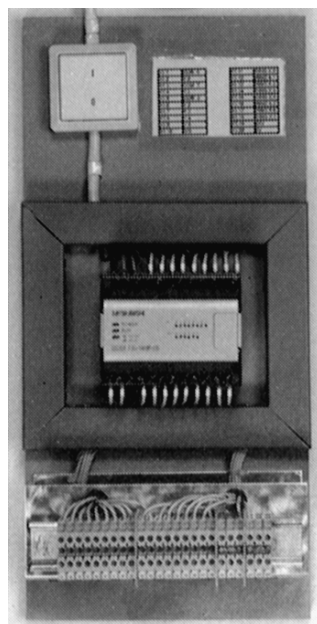
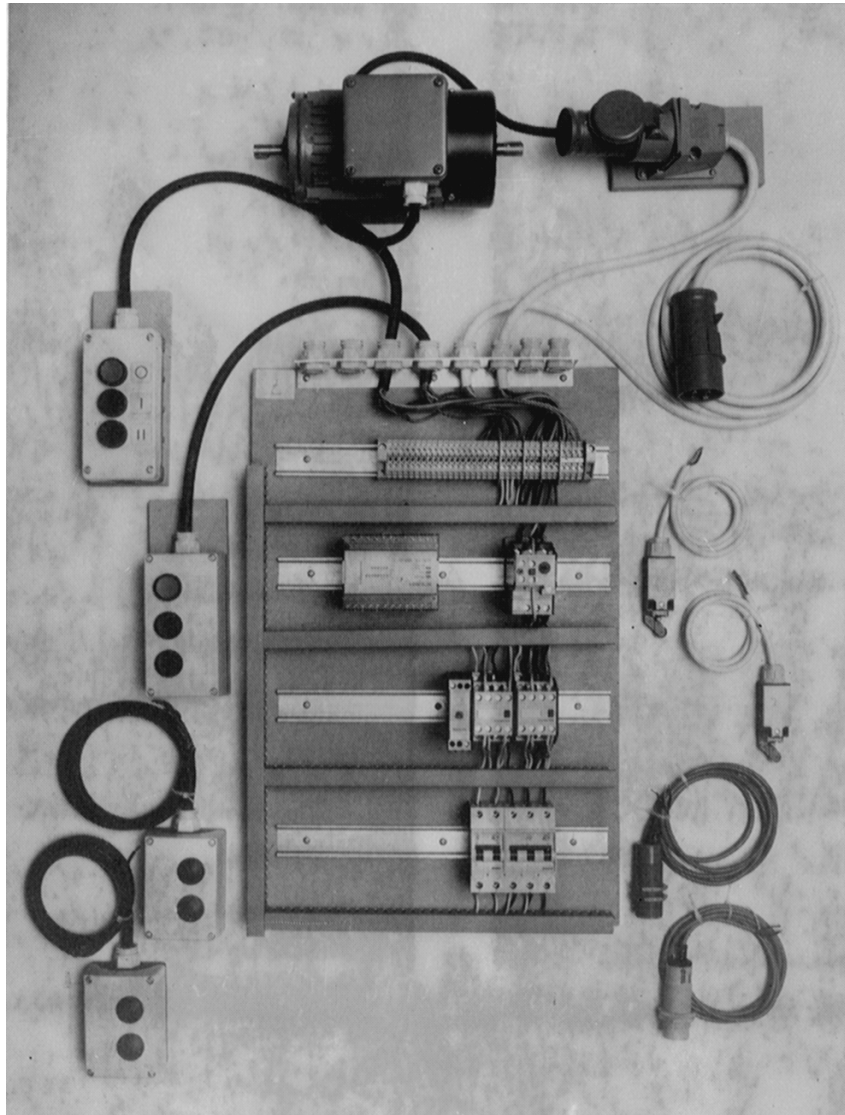
Som apparatskap ble det brukt en treplate med omtrent samme mål som et standard apparatskap. På treplaten ble det montert festeskiner, ledningskanaler og rekkeklemme på samme måte som det gjøres i en «virkelig» installasjon. Til styrepaneler er det brukt standard bokser med start- og stoppbrytere. Motorene er koblet til støpsel, mens uttaket fra apparatskapet til motorer er koblet til stikkontakt. På den måten er det enkelt å dele bruken av motorer eller annet utstyr på flere elever. I boka er det lagt opp til at øvingene bygger på hverandre, og at det ikke skal være nødvendig å koble ned hele koblingen for hver ny øving. Det er derfor en stor fordel at hver elev har sitt eget koblingsutstyr. Figur 4.31 viser en liste over utstyret og figur 4.32 viser et bilde av utstyret.

Utstysliste, per elev for motoranlegg		
Antall	Materiellets benevnelse	Merknader
1	trefase asynkron vekselstrømsmotor	
1	automatsikring 3 – pol C 10 A	hovedstrømssikringer
1	automatsikring 2 – pol B 6 A	styrestrømssikring
2	kontaktor, 2 S + 2 Ø	tilpasset motoren
1	termisk motorvern (separat montasje)	tilpasset motoren
1	tidsrelé, 2–20 s (tilslagforsinket)	forsinket innkobling
2	mekaniske grensebrytere	med rullearm
1	rekkeklemme, 20 klemmer, 2,5 mm <sup>2</sup>	tverrforbindelser
2	styrepanelbokser med tre trykknappbrytere	Slutte- og brytekontakt
1700 mm	forlegningskanal 32x18 mm	
4	montasjeskiner 35 mm, lengde 350 mm	
4	pakknipler PG 13,5, med strekkavlastning	makrolon, med kontramutter
3	Pakknipler PG 16, med strekkavlastning	makrolon, med kontramutter
1	stikkontakt CEE 16/3 + j 230 V	industri-type
1	støpsel CEE 16/3 + j 230 V	industri-type
2	boks med to signallamper, 230 V	rød og grønn
1	næreffektbryter, 3-trådet PNP	induktiv
1	næreffektbryter, 3-trådet PNP	kapasitiv
	H05VV–F 4G 1,5 PMH	plastslangeledning
	H05RR–F5G 1,5	gummislangeledning
	PN-ledning 1,5	flertrådet
1	treplate 400 mm x 600 mm x 20 mm	

Figur 4.31  
Utstysliste



I tillegg må elevene ha tilgang til PLS-apparater.

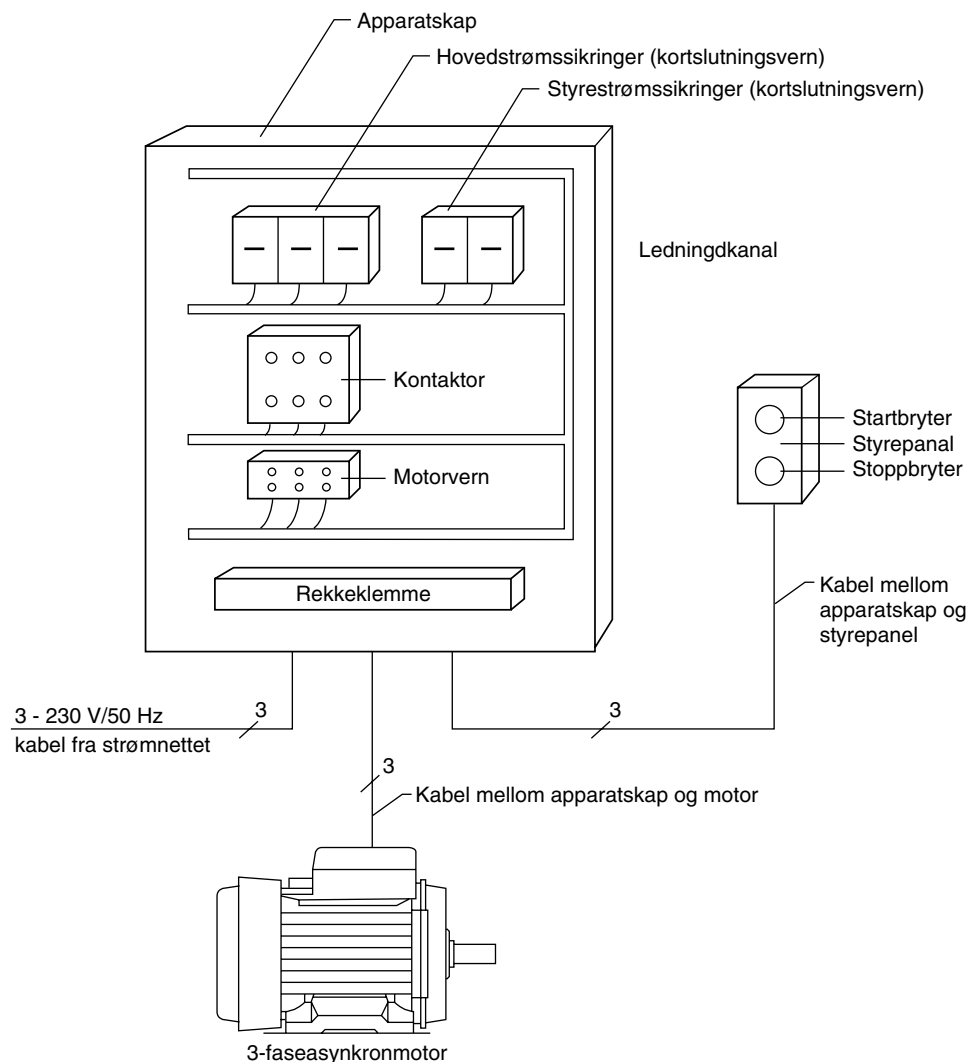


Figur 4.32 Bilder av  
koblingsutstyr

Et enkelt motoranlegg består av asynkronmotor, kontaktor, motorvern, kortslutningsvern (sikringer), betjeningsbrytere, rekkeklemmer, kabler og ledninger.

Kontaktoren, motorvernet, sikringene og rekkeklemmene er som regel plassert i et apparatskap, mens betjeningsbryterne er plassert i et styrepanel. Til elektrisk forbindelse mellom elnettet og apparatskapet, mellom apparatskapet og motoren og mellom apparatskapet og styrepanelet bruker vi kabel. Til kobling inne i apparatskapet bruker vi ledninger som legges i ledningskanaler. De ytre kablene og interne ledningene kobles sammen med koblingsklemmer. Klemmene er satt sammen i en rekke og kalles rekkeklemme.

Figur 4.33 viser skisse av et enkelt motoranlegg.



Figur 4.33 Skisse av et enkelt motoranlegg